

## Nachrichten

## Heu entscheidend für Löcher im Käse

Nach jahrelanger Forschung haben Schweizer Wissenschaftler eines der größten nationalen Mysterien nach dem Schweizer Bankgeheimnis gelüftet: Die Löcher in bestimmten Käsesorten stammen demnach von Heupartikeln, die während der Fermentation Gase freisetzen. Beim traditionellen Melken gelangte Heu in die Milch, erklärte die in Bern ansässige Forschungsanstalt Agroscope in Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa). Das erkläre auch, weshalb bestimmte Käse immer weniger Löcher hätten: Beim Maschinenmelken gebe es weniger solche Verunreinigungen. *AFP/nd*



## Schimpansen: Geistige Fähigkeiten zum Kochen?

Geduld, Selbstbeherrschung und Motivation: Ähnlich wie der Mensch besitzen Schimpansen die elementaren kognitiven Fähigkeiten, die für das Kochen von Nahrung notwendig sind. Zu diesem Ergebnis kommen zwei US-Forscher nach Experimenten mit den Menschenaffen. Die Tiere lieben Gekochtes – und nutzen gezielt eine Art Herd, um es zu bekommen, berichten die Biologen im Fachblatt »Proceedings B« der britischen Royal Society (DOI: 10.1098/rspb.2015.0229). Sie vermuten deshalb, dass Menschen vor der Kontrolle über das Feuer bereits natürliche Feuerstätten zum Bereiten von Speisen genutzt haben könnten. *dpa/nd*

Foto: dpa/Friso Gentsch



## Schwindende Gletscherseen: Naturschauspiel ergründet

Einige der großen Gletscherseen Grönlands können binnen eines Tages verschwinden – manche sogar innerhalb weniger Stunden. Dieses Phänomen betrifft etwa 13 Prozent der Seen auf dem Eisschild der größten Insel der Welt. Die Ursache haben US-amerikanische Forscher nun genauer ergründet: Entscheidender Faktor ist demnach ein Gleitfilm aus Wasser im Untergrund, berichten sie im Fachblatt »Nature« (DOI: 10.1038/nature14480). Wichtig ist das Ergebnis auch für Berechnungen zum Klimawandel. Die grönländischen Gletscherseen entstehen im Sommer, wenn die Sonneneinstrahlung die Eisdecke anschmilzt. *dpa/nd*

Foto: dpa/Nature/Ian Joughin

## Biolumne

## Tücken der Fettsenker

Von Iris Rapoport, Boston und Berlin

Wir hätten immer gern Gewissheiten, wohl wissend, dass es die seltenen gibt. Sicher ist, dass der menschliche Organismus Cholesterin benötigt und auch, dass ein Zuviel davon schadet. Es begünstigt Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Und die, und das ist ebenfalls sicher, sind derzeit eine der beiden Haupttodesursachen in den Industrienationen.

Das Cholesterin unseres Körpers – Biolumne-Leser wissen das – stammt nur teilweise direkt aus der Nahrung, den größten Teil produzieren wir selbst. Obwohl fast jedes Organ das kann, ist die Leber unsere wichtigste Cholesterin-»Fabrik«. Als Bestandteil verschiedenster Lipoproteine zirkuliert Cholesterin im Blut. Als LDL (Low Density Lipoprotein) wird es von den Zellen bei Bedarf aufgenommen, auch die Leber besitzt Rezeptoren dazu. So wird es im Blut durch Zu- und Abfluss geregelt. Von LDL-Cholesterin geht auch das größte Risiko für Arteriosklerose aus.

Gewiss kann man den Cholesterin-Spiegel durch Ernährung und körperliche Aktivität beeinflussen. Obwohl dem Grenzen gesetzt sind, sollte man die eigenen Möglichkeiten dazu stets ausloten. Doch beim Älterwerden oder wenn bereits eine Erkrankung vorliegt, reicht das oft nicht aus. Mittel der Wahl sind dann meist Statine. Ihre Hauptwirkung ist wahrscheinlich die Hemmung eines der Enzyme der Cholesterinsynthese.

Statine wirken häufig sehr effizient. Langzeitstudien zeigen, dass das tatsächlich die Herz-Kreislauf-Mortalität senkt. Doch auch der Statinwirkung sind Grenzen gesetzt. Die scheinen durch die LDL-Aufnahme in die Leber bedingt. In den Fokus geraten ist dabei ein

Protein, das PCSK9 genannt wird. Von der Leber gebildet und ins Blut abgegeben, bindet es gemeinsam mit LDL an dessen Rezeptor. Geschieht das, wird der Rezeptor nicht weiter genutzt, sondern zerstört. So verbleibt mehr LDL im Blut. Und so scheinen die Statine auch ihre Wirkung selbst zu begrenzen, da sie nebenher die Bildung von PCSK9 steigern. Kein Wunder, dass dieser Befund das Interesse großer Pharmakonzerne geweckt hat. Da winkt ein Milliardengeschäft! Es wurden Antikörper erzeugt, die PCSK9 reduzieren. Die ersten Ergebnisse ihrer Anwendung wurden jetzt im Fachjournal »New England Journal of Medicine« (DOI: 10.1056/NEJMe1502192) vorgestellt.

Sicher ist bereits, dass bei gleichzeitiger Wirkung von Statinen und PCSK9-Antikörpern der Cholesterinspiegel auf bisher unerreicht niedriges Niveau gesenkt werden kann. Doch ungewiss ist, ob damit die Haupttodesursache gedrosselt wird oder ob, ähnlich wie bei medikamentöser Hemmung der Cholesterinaufnahme aus der Nahrung im Darm, nur ein geringer zusätzlicher Nutzen erzielt werden kann.

Ungewiss ist auch, wie tief der Cholesterinspiegel wirklich sinken sollte. Ob mit zu wenig Cholesterin eventuell andere Erkrankungen begünstigt oder gar erzeugt werden. Nutzen und mögliche Risiken müssen in akzeptablem Verhältnis stehen. Und soviel ist sicher: Ganz ohne Nebenwirkungen ist ein wirksames Medikament nicht zu haben! Langzeitstudien zu der neuen Therapie wurden bereits begonnen. Man darf gespannt sein, welche Gewissheiten sie bringen werden.



Zeichnung: Ekkehard Müller

## Das System als Roman

Eine Regelmäßigkeit der Worthäufigkeit passt bemerkenswerterweise auch auf Unternehmensgrößen und die Größe von Städten. Von Frank Ufen

Im Jahre 2010 hatte New York 8 175 000 Einwohner. Los Angeles war mit 3 793 000 Menschen die zweitgrößte Stadt der Vereinigten Staaten. Dann folgten Chicago mit 2 696 000, Houston mit 2 100 000 und Philadelphia mit 1 526 000 Einwohnern. Zwischen den Einwohnerzahlen sämtlicher amerikanischer Städte besteht ein verblüffender statistischer Zusammenhang: Die zweitgrößte Stadt der USA hat ungefähr halb so viele Einwohner wie New York, die drittgrößte Stadt hat etwa ein Drittel der Einwohnerzahl New Yorks, die viertgrößte Stadt etwa ein Viertel, die fünftgrößte etwa ein Fünftel, usw., usw.

Zieht man zum Vergleich die Größenverhältnisse deutscher Städte heran, lassen sich ganz ähnliche statistische Regelmäßigkeiten feststellen. Im Jahre 1999 betrug die Einwohnerzahl von Berlin 3 341 000. Hamburg, die zweitgrößte Stadt, erreichte mit 1 705 000 Einwohnern ziemlich genau die Hälfte der Einwohnerzahl Berlins, München als die drittgrößte Stadt verfügte mit 1 195 000 Einwohnern über etwa ein Drittel, Köln mit 963 000 Einwohnern über ein Viertel und Frankfurt am Main mit 644 000 Einwohnern über ein Fünftel der Bevölkerung Berlins.

Dieser eindeutige statistische Zusammenhang zwischen dem Rangplatz einer Stadt und ihrer Einwohnerzahl bedeutet, dass die Bevölkerungsverteilung dem Zipfschen Gesetz gehorcht – d.h. die Einwohnerzahl jeder Stadt verhält sich umgekehrt proportional zu ihrer Position in einer absteigenden Rangfolge. Der US-amerikanische Linguist George Kingsley Zipf (1902-1950) formulierte das nach ihm benannte Gesetz allerdings in einem ganz anderen Zusammenhang.

Zipf hat entdeckt, dass in Texten jeder beliebigen indoeuropäischen Sprache (zum Beispiel in irgendeinem Roman) das am häufigsten gebrauchte Wort ungefähr doppelt so oft vorkommt wie das am zweithäufigsten verwendete, drei Mal so oft wie das am drithäufigsten auftauchende usw. Zipf hat außerdem herausgefunden, dass die Wörter einer Sprache, die in der Alltagskommunikation am häufigsten verwendet werden, in aller Regel auch die kürzesten und die ältesten sind. Seine Untersuchungen machten ihn zu einem Pionier der quantitativen Erforschung sprachlicher Phänomene.

Mittlerweile hat sich herausgestellt, dass es noch etliche andere gesellschaftliche, physikalische und biologische Phänomene gibt, die dem Zipfschen Gesetz folgen. Hierzu gehören beispielsweise die Verkaufszahlen einer ganzen Reihe von Gütern wie Bücher, DVDs, Schuhe oder Kinokarten, die Größe von Unternehmen, die Häufigkeitsverteilung von Website-Besuchen oder von Zitierungen wissenschaftlicher Aufsätze, die Verteilung der Vermögen und Einkommen, Fluktuationen auf Finanzmärkten, die Häufigkeitsverteilung von Waldbränden, Vulkanausbrüchen und Erdbeben oder die Art und Weise, wie genetische Informationen in Proteine übersetzt werden.

Die Sache hat allerdings einen Haken. Die Rechnung geht manchmal nicht auf. Das zeigt schon ein kurzer Blick auf die Liste der größten Städte Deutschlands im Jahre 2013. Da hatte München plötzlich 1 408 000 Einwohner und war damit erheblich größer, als es das Zipfsche Gesetz voraussagt. Dasselbe gilt beispielsweise für Ulm, mit 119 000 Einwohnern die Nr. 61 auf der Liste. Völlig aus dem Rahmen fällt Österreich, wo es gegenwärtig 1 766 000 Wienerinnen

und Wiener gibt, gefolgt von gerade einmal 270 000 Grazerinnen und Grazern. Und bei den Städten in den Ländern des Globalen Südens funktioniert das Zipfsche Gesetz offenbar überhaupt nicht.

Bislang ist erst teilweise geklärt, wieso das Zipfsche Gesetz überhaupt auf so unterschiedliche Realitätsbereiche passen kann. Doch jetzt ist die Forschung einen großen Schritt vorangekommen. Kürzlich sind die Wiener Komplexitätsforscher Bernat Corominas-Murtra, Rudolf Hanel und Stefan Thurner durch Computersimulationen und Berechnungen zu der Erkenntnis gekommen, dass das Zipfsche Gesetz universal gültig und immer dann am Werk ist, wenn man es mit komplexen Systemen zu tun hat, die sich ständig verändern und deren Entwicklung in hohem Maße von ihrer eigenen Vergangenheit determiniert wird. Die Wissenschaftler berichten darüber im Fachjournal »Proceedings of the National Academy of Sciences« (DOI: 10.1073/pnas.1420932112).

Das ein System von seiner eigenen Vergangenheit determiniert wird, bedeutet laut Corominas-Murtra, Hanel und Thurner im Wesentlichen, dass seine Aktionspielräume um so mehr schrumpfen, je mehr Zeit bereits vergangen ist. Solche geschichtsabhängigen Systeme würden einem Schriftsteller gleichen, der einen Roman schreibt. Ganz am Anfang kann sich der Schriftsteller aus der Gesamtmenge der Wörter seiner Sprache irgendeines herauspicken. Doch danach werden seine Wahlmöglichkeiten durch die Regeln der Grammatik, die Handlungssituationen und das Eigenleben der Figuren immer weiter eingeschränkt.

Das es nicht selten zu erheblichen Abweichungen von den Werten kommt, die sich nach dem Zipfschen

Gesetz ergeben, lässt sich auf zufällige Ereignisse und äußere Störfaktoren zurückführen. »Das Faszinierende ist, dass wir zeigen konnten, dass auch diese zufälligen Störfaktoren beziehungsweise Überraschungen wiederum zu Gesetzmäßigkeiten führen, die dann genau die Abweichungen vom Zipfschen Gesetz erklären«, meint Koautor Stefan Thurner. Damit werde es erstmals möglich, nicht nur Dutzende Prozesse zu verstehen, die exakt dem Zipfschen Gesetz folgen, sondern auch jene Fälle, wo Abweichungen auftreten.

Das Zipfsche Gesetz ist seit etwa 80 Jahren Gegenstand der Forschung, und intellektuelle Größen wie unter anderem Benoit Mandelbrot, Herbert Simon oder Noam Chomsky haben versucht, eine plausible Lösung dafür zu finden. Thurner zeigt sich überzeugt, dass das nun gelungen sei, weil das Wiener Team seine Erklärung auf den Beweis eines einfachen mathematischen Satzes gründet und eben nicht nur das Zipfsche Gesetz erkläre, sondern auch die Abweichungen davon. »Indem wir bewiesen haben, dass Prozesse, bei denen die möglichen Zustände über die Zeit hinweg abnehmen, dem Zipfschen Gesetz gehorchen, glauben wir jetzt auf eine sehr allgemeine Art und Weise die Sache mit den Wörtern zu verstehen – und damit auch viele andere solche Probleme«, erklärt Stefan Thurner.

Anwendbar könnten die Ergebnisse bei bestimmten Risiken sein. Man könnte das Verständnis nutzen, um Systeme zu bauen, die nicht auf das Zipfgesetz führen. Denn viele Systeme, die sich nach dem Gesetz verhalten sind relativ leicht verletzlich. Ein Beispiel dafür ist das Internet. Das kann man derzeit mit Angriffen auf wenige Server weitgehend lahmlegen.

## Stromleitung aus dem Weltall

Japanischen Wissenschaftlern ist es gelungen, Strom kabellos über eine Distanz von 55 Metern auf eine Empfängerstation zu transportieren. Das Prinzip taugt auch für längere Strecken. Von Susanne Steffen

Fast genau zum vierten Jahrestag der Fukushima-Katastrophe gelang den Forschern der japanischen Raumfahrtagentur JAXA unlängst ein Experiment, das eine neue Energiequelle anzapfen könnte. Die Wissenschaftler konvertierten 1,8 Kilowatt Strom in Mikrowellen und schickten diese durch die Luft auf einen 55 Meter entfernten Empfänger, wo die Mikrowellen wieder in elektrischen Strom umgewandelt wurden. Theoretisch hätten die Forscher so einen Wasserkocher aus 55 Meter Entfernung betreiben können – ganz ohne Kabel.

Dies war nach Angaben der Agentur weltweit das erste Mal, dass es gelungen ist, so viel Energie über Mikrowellen auf ein so kleines Ziel zu schicken. »Dieser gelungene Test ist ein großer Schritt für uns«, erklärte

Kazuo Ohashi, Leiter der JAXA-Advanced-Mission-Forschungsgruppe.

Die JAXA will diese Technologie einsetzen, um Strom aus großen Solarfarmen in 36 000 Kilometer Höhe zurück auf die Erde zu »beamen«, wie das in der Science-Fiction genannt wird. Die Weltraumagentur schätzt, dass ein Weltraumsolarpanel mit einem Durchmesser von zwei bis drei Kilometern etwa ein Gigawatt Strom erzeugen könnte – so viel wie ein moderner Atomreaktor.

Solarstrom aus dem Weltall hätte den großen Vorteil, dass die Produktion weder wetterabhängig noch einem Tag-/Nacht-Rhythmus unterworfen wäre. Im Gegensatz zu irdischen Solarfarmen würden solche Weltraumstationen eine stabile Produktion aus einer unerschöpflichen Quelle garantieren.

Bislang galt der Stromtransfer zur Erde als unüberwindbare Hürde. Doch die JAXA ist zuversichtlich, in Zukunft mit ihrer Technologie auch weitere Distanzen überwinden zu können. Da Mikrowellen potenzielle Gefahren für Mensch und Umwelt bergen, muss die Übertragungsrouten für Weltraumstrom exakt kontrollierbar sein. Dass Vögel oder Flugzeuge, die die Route zufällig durchkreuzen, gegrillt werden, könne allerdings nicht passieren. Dafür sei die Energiedichte zu gering, beruhigt ein JAXA-Sprecher in japanischen Medien.

Doch bevor die ersten Weltraumsolarfarmen ans Netz gehen, müssen noch eine ganze Reihe von Problemen gelöst werden. Vor allem die gigantischen Kosten des Baus und der Wartung derartiger Solarfarmen im

Erdorbit lassen diese Energiequelle vorerst wenig praktikabel erscheinen. Auch die JAXA rechnet mit den ersten Weltraumsolarfarmen nicht vor 2040.

Möglicherweise wird die neue Energie-Beam-Technologie ihre ersten Anwendungen doch auf der Erde finden. Denkbar sind etwa kabellose Aufladestationen für Elektroautos oder der Transport von Strom aus weit entfernten Anlagen auf dem offenen Meer. Sogar eine Notfallstromversorgung für Krisenregionen etwa nach Naturkatastrophen wäre mit dieser Technologie möglich.

Sollte jemals wieder in einem Atomkraftwerk wegen totalen Stromausfalls die Kernschmelze drohen, könnte die neue JAXA-Technologie vielleicht auch ein zweites Fukushima verhindern.